

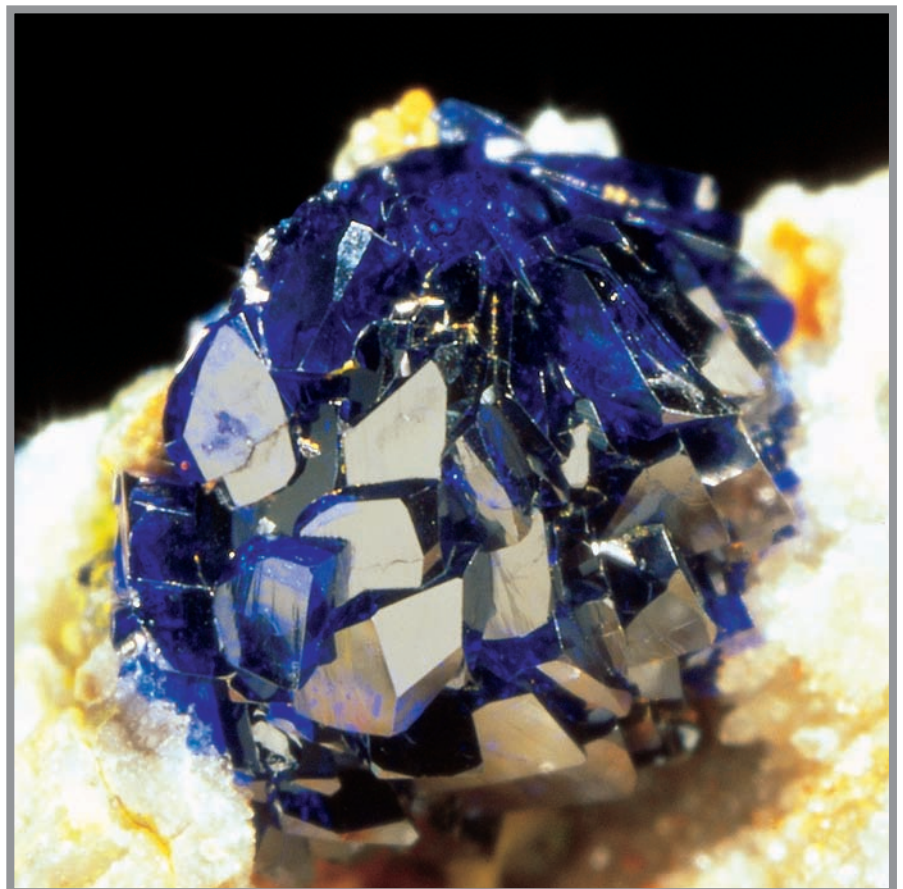
La Mina "Estrella" Pardos (Guadalajara)

Desde antiguo es conocida la presencia de mineralizaciones Cu-Ag-Pb en las proximidades de la localidad alcarreña de Pardos. En textos y documentos antiguos se menciona la "Mina de la Platilla" (actualmente, Mina Estrella), sita en el Cerro y Hoyo de las Minas, junto al Cerro de Majadillas (1.383 m), aproximadamente a unos 3 km al suroeste de Pardos.

Texto: Borja SÁINZ DE BARANDA, Joan VIÑALS
Fotos de minerales: Francisco PIÑA, Joan VIÑALS

INTRODUCCIÓN

Aunque su explotación se registra al menos desde el siglo XVII (González, 1832), ya en 1754 nos da noticia Joseph Torrubia en su "Aparato para la Historia Natural Española" (lámina XI) de la presencia de curiosas concreciones petrificadas (cepites) en el antiguo camino que baja de la Mina de La Platilla. Por cierto, que en el mismo trabajo, el autor da muestras de su conocimiento de la zona con la primera descripción documentada y figuras (lámina XIII) de los afamados aragonitos que aparecen junto al río Gallo ("*famoso por sus singularísimas truchas asalmonadas*", sic.), a los que describe como cristales hexagonos, "*alvi-cantes*", mostrando en el centro los colores del Iris, y a los que los paisanos llamaban "*torrecillas*". Asimismo, nos da cuenta de los "*cristales rojos y hexagonos del Señorío de Molina*" en la misma lámina, refiriéndose sin duda a los cristales de cuarzo hematideo ("*Jacintos de Compostela*") tan abundantes en las arcillas abigarradas del Keuper levantino.



Azurita. Grupo esférico de cristales sobre cuarzo. Encuadre: 8 mm. Colección: F. Piña y E. Espuña. Foto: F. Piña.



Una vista de la localidad de Pardos. La imagen está tomada de sur a norte, por lo que el Cerro de Majadillas y las minas quedan a nuestra espalda. Se aprecia un paisaje apreciablemente llano, con cultivos de cereales típicos de la zona, sobre los materiales pleistocenos de glació y de derrubios de ladera, surcados por el Arroyo de Valdelasima. Foto: Paisajes Españoles.

Una veintena de años después se vuelven a encontrar referencias sobre la Mina de la Platilla, esta vez en la Historia Natural de España de Bowles (1775), a la que dedica todo un capítulo. Son curiosas las descripciones que hace este autor de los minerales que allí se encuentran y su modo de formación, mereciendo la pena citar algunos párrafos para que juzgue el lector: “En la mina hay pedazos de cuarzo blanco,... en cuyas hendiduras es precisamente donde se forma el mineral de cobre, que es azul, verde y amarillo. Las láminas o planchas del metal se compone de varias hojas... sembradas de unos granitos lisos, redondos y... que hizo el aire en el instante de salir... cuando... se formó la baba del metal. Estas for-

man... hermosos granos o pezones azules de cuyas ondas, variadas en las láminas concéntricas, resulta la hermosura de los colores de la piedra cuando se le da pulimento. Una plancha... se componía de veintitrés láminas u hojas. Rompiendo un pedazo de la mina se ven en el centro... pequeños cristales azules como fragmentos de zafiros, otros verdes como esmeraldas, y verdaderos cristales de roca azules o verdes”. Evidentemente, Bowles estaba dando cuenta de la aparición de malaquita y azurita, posiblemente asociadas a cristales de cuarzo.

A continuación el autor describe las estalactitas que se forman en el interior de la mina, posiblemente coloreadas de verde por sales de cobre, en las que

encuentra “seix ochavas de cobre puro y dos partes de tierra de cal por onza”. Asimismo, nos indica que en los análisis realizados en la “mina azul” (refiriéndose a la mena o mineral objeto de la explotación) aparecieron arsénico, plata y cobre, mientras que “la mina verde no contiene el menor átomo de arsénico”.

Las siguientes referencias sobre las minas aparecen en el Boletín Oficial de Minas, Septiembre de 1844, donde se da noticia del descubrimiento de un filón cobrizo de una vara de espesor y más de doscientas varas de longitud en el sitio de Hoya de las Minas, término de Pardos. La noticia refiere la presencia de “cobre gris antimonial, con algo de carbonato verde y azul... en matriz de bari-



Foto superior: Sección de nódulo bandeado de malaquita de Pardos. Colección: J. Folch. Foto: J. M. Sanchis.

Foto inferior: Ilustración de malaquita de Pardos recogida en "Los minerales de España", de Salvador Calderón, Tomo II, figura 103.



ta con cuarzo". No obstante, existen claras evidencias de una explotación anterior a este redescubrimiento, como muestran los restos de una oficina de beneficio y cuatro hornos con "pequeños manchones de escoria mal apurada, porque contiene todavía cobre y plata en grado aprovechable". Ese mismo año se denuncian las siguientes minas de cobre en el término de Pardos: Virginia (Cerro de la Mina), Constancia (Risca de la Pinadilla), Ida (Peña de la

Graja), Patrocinio (Peña del Agua), Perspectiva (Hoyas de las Minas), Venturosa (El Tremedal), El Paraíso (Peña de la Bandera) y Tajuquera (Las Tajuqueras), lo que da idea del ardor minero que se producía en esta época con el descubrimiento del más modesto indicio de mineral, posiblemente estimulado por el reciente descubrimiento de los espectaculares filones argentíferos del distrito de Hiendelaencina, también en la provincia de Guadalajara.

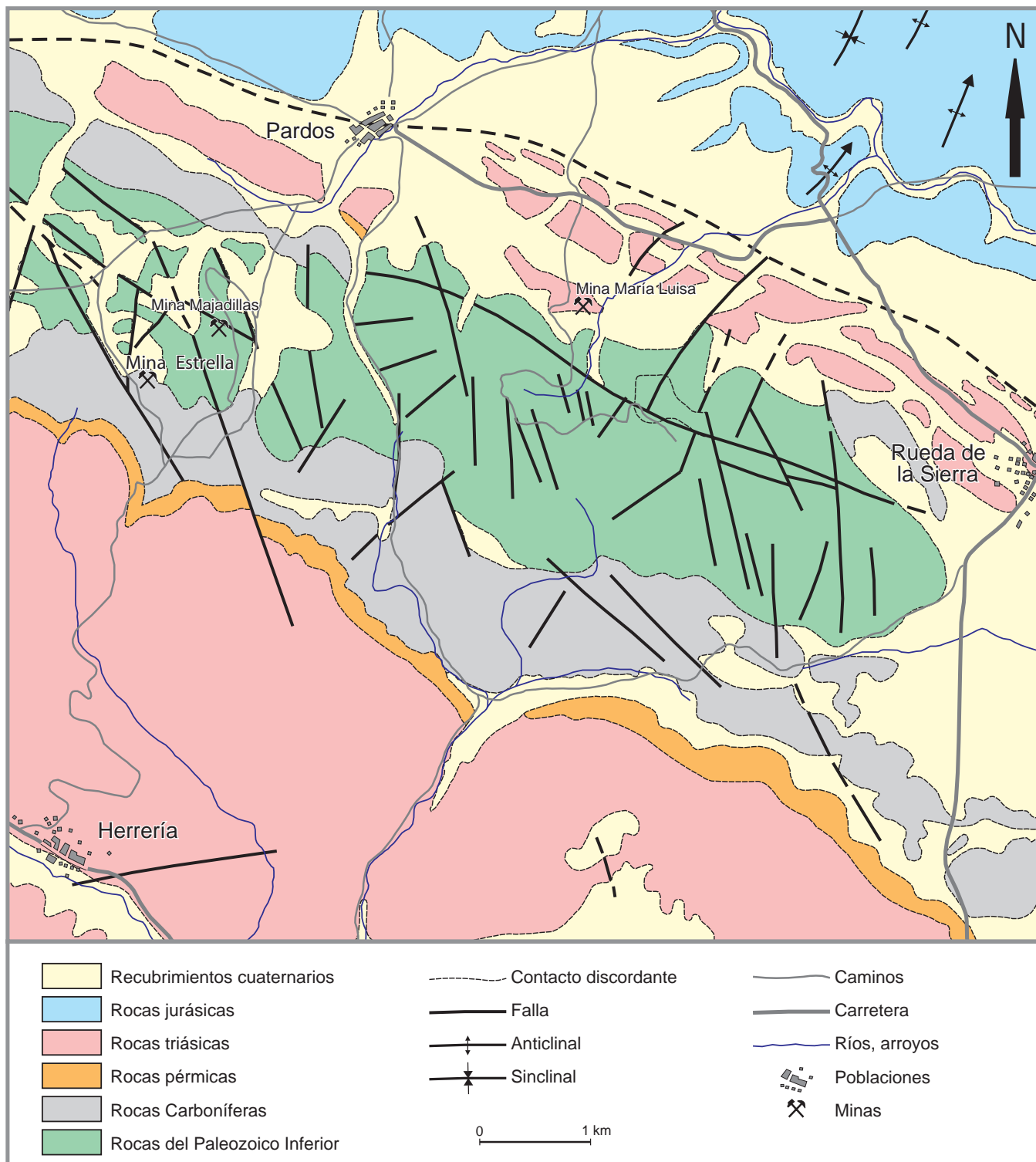


Singular cavidad de 8 cm recubierta de malaquita y azurita, los minerales de cobre más extendidos en las escombreras. Col. M. A. González. Foto: F. Piña.

Bowles (1775) describe la "baba del metal de cobre, que forma hermosos granos o pezones azules de cuyas ondas, variadas en las láminas concéntricas, resulta la hermosura de los colores de la piedra cuando se le da pulimento."

No obstante la producción nunca alcanzó cifras de consideración (ni mucho menos comparables con las producciones de Hiendelaencina), posiblemente por las menores dimensiones del yacimiento y por el escaso contenido en plata de la mineralización. Así, en 1860 tan sólo operaban dos minas en el distrito, "Estrella" y "La Torre", con producciones inferiores a 100 toneladas anuales que eran procesadas en la planta San Francisco, en Pardos.

Actualmente, de estas minas únicamente son visibles dos pozos principales, así como algunas galerías y pocillos o catas de investigación, poco profundos. Según la Jefatura de Minas de Guadalajara, se encuentran registradas en la actualidad las concesiones "Estrella", "Segunda Estrella" y "Lucero" en el término de Pardos, para el beneficio de mineral de cobre, todas ellas abandonadas.



LOCALIZACIÓN

La mina Estrella se sitúa en el NE de la provincia de Guadalajara, relativamente cerca de la famosa ciudad alcarreña de Molina de Aragón. La mina se localiza en las cumbres de Majadillas, que ocupan el extremo meridional del municipio de Párdos, alcanzando una altura de 1.384 m sobre el nivel del mar.

El acceso más sencillo a la mina se realiza desde el pueblo de Párdos, tomando un camino en buenas condiciones que

va en dirección SO y que al cabo de unos 4 km llega a los restos de las escombreras. Para llegar a Párdos hay que tomar en Molina de Aragón la carretera autonómica CM-210 con dirección Daroca y Calatayud. A 10 km desde Molina se llega a Rueda de la Sierra, de donde parte una carretera local hacia Torrubia, Tartanedo e Hinojosa. A 3 km de iniciada esta carretera se encuentra hacia Poniente el desvío a Párdos, que queda a 18 km de Molina de Aragón. Otro acceso a la mina se puede hacer des-

de la localidad de Herrería, situada en la carretera N-211, unos 7 km antes de llegar a Molina de Aragón viniendo desde Alcolea del Pinar. De dicha población sale un camino con dirección Norte que termina en Párdos. Ese camino discurre junto al Barranco de la Hoz y, tras meterse entre pinares y antes de llegar a un collado entre los cerros Majadillas y El Cabezo, de él sale un desvío hacia el NO que conduce a la mina Estrella. Para una localización más precisa de Párdos y de la mina Estrella se puede con-



Afloramiento de cuarcitas del Paleozoico Inferior con buzamiento suave hacia el Sur. Estas rocas constituyen el sustrato sobre los que se apoyan en discordancia los materiales carboníferos en los que arman las mineralizaciones de la mina Estrella. Foto: G. García, 8/2002.



Bayldonita pseudomórfica de mimetita, con azurita. Encuadre de 7 mm. Colección: J. Viñals. Foto: F. Piña.



Malaquita, agregado nodular. Encuadre de 15 mm. Obsérvese la estructura en capas. Colección: G. García. Foto: F. Piña.

“La producción siempre fue modesta, con 100 t anuales en 1860 procedentes de la mina Estrella y La Torre, que eran procesadas en la planta San Francisco, en Pardos”

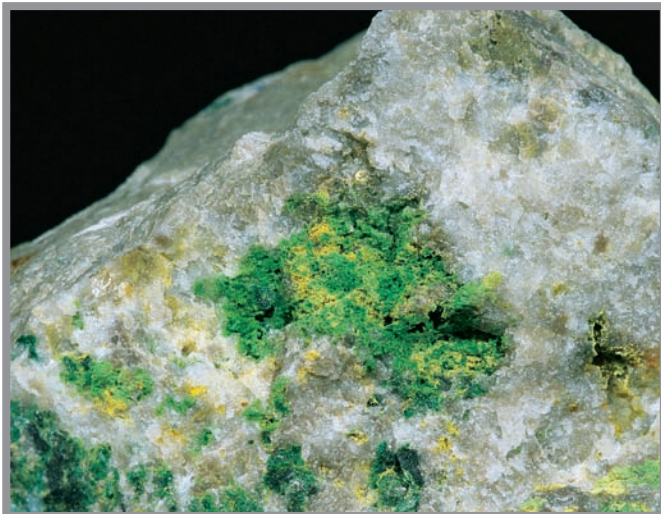
sultar la Hoja nº 489 (Molina de Aragón) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000. Las coordenadas UTM de referencia para la mina son X=588400, Y=4531300, en el Huso 30.

GEOLOGÍA

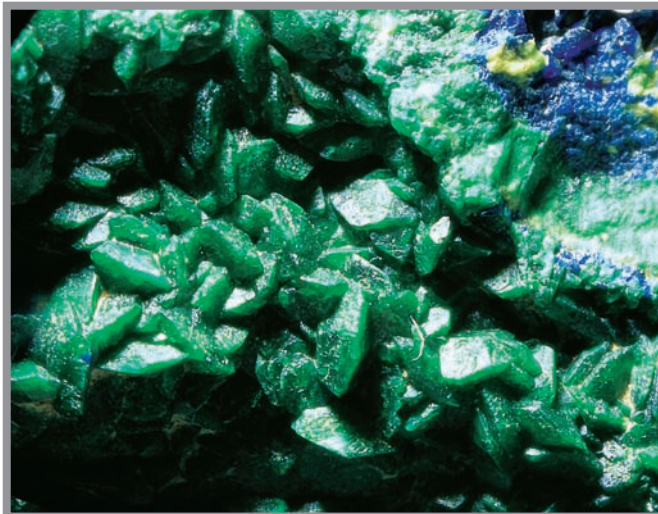
Las mineralizaciones cupríferas del sector de Pardos se encuentran situadas en las rocas carboníferas de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica. Estos materiales aparecen en clara discordancia sobre las lutitas, cuarcitas y carbonatos de las series del Ordóvicico y del Silúrico, y se han atribuido al Estefaniense no sin ciertas dudas, si bien podrían situarse ya en el Autuniense (Almela *et al.*, 1981). Estaríamos hablando de entre 295 y 270 millones de años.



Cristal prismático de azurita. Cristal estriado de 5 mm. Colección: F. Piña y E. España. Foto: F. Piña.



Bayldonita con bindehimita. Tamaño del ejemplar: 5 cm. Colección y foto: G. García.



Malaquita. Grupo de cristales pseudomórficos de azurita. Encuadre de 10 mm. Colección: B. Sáinz de Baranda. Foto: F. Piña.



Brocal con vegetación de los restos de uno de los pozos de la mina Estrella. Se trata de pozos forrados de mampostería, al menos en parte, poco profundos y sin enganches intermedios. Foto: G. García, 8/2002.

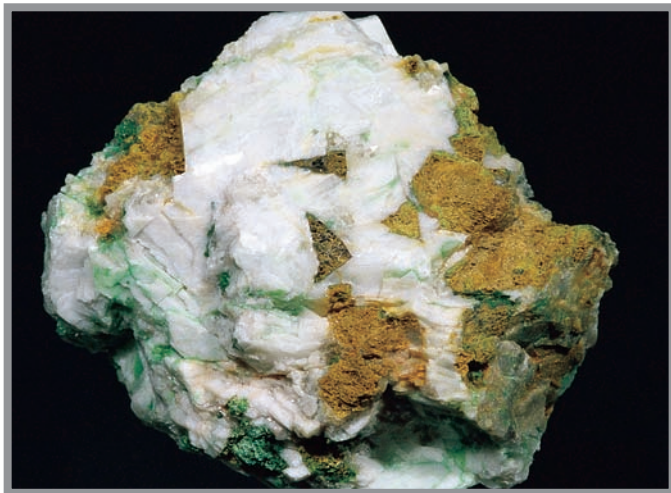
Los materiales que componen estos niveles son fundamentalmente pizarras, grauvacas, areniscas y calizas, con intercalaciones de materiales volcánicos (riolitas, cineritas) y subvolcánicos (pórfidos riolíticos), que llegan a ser predominantes en las proximidades de Pardos. Estos materiales se formarían como consecuencia de los movimientos hercínicos, que ocasionarían un sistema de cuencas sedimentarias sinorogénicas entre los relieves recién creados. En estas cuencas se depositarían los materiales detríticos primero (series inferiores), más arcillosos a continuación (series intermedias) y finalmente calcáreos (series superiores), en lo que sería un medio continental-lagunar, con una manifiesta actividad volcánica ácida.

Posteriormente se produjo la invasión del mar que cubrió todos estos territorios, dando lugar a la importante secuencia sedimentaria mesozoica que caracteriza a la mitad Este peninsular (entre 250 y 60 millones de años). Pero más tarde, como consecuencia de las deformaciones alpinas y posterior erosión, se ponen de nuevo a la vista los materiales paleozoicos del sustrato en ciertos sectores dentro de la Cordillera Ibérica. Uno de estos sectores de afloramientos de rocas premesozoicas (más antiguas de los 250 millones de años) es el de Pardos. La tectónica alpina produce en la zona una estructuración general ONO-ESE, cuyas macroestructuras aparecen limitadas por grandes fallas y cabalgamientos de esa dirección ONO-ESE, con varia-

ciones a casi E-O. Además de estas grandes fallas aparecen otras que se pueden agrupar en dos sistemas, uno NO-SE a NNO-SSE y el otro N-S. Estas fracturas menores parecen principalmente desarrolladas en los afloramientos de rocas paleozoicas y han podido jugar un papel importante en la movilidad de los fluidos mineralizadores.

METALOGENIA

Al Sur del municipio de Pardos aparecen una serie de mineralizaciones de hierro, barita y cobre, todas ellas encajadas en los materiales paleozoicos del núcleo hercínico comentado en el anterior apartado. Los yacimientos de hierro se encuentran relacionados con las rocas carbonatadas del Ordovícico Superior y son semejantes a los que fueron intensamente explotados en Sierra Menera, depósitos que se hallan unos pocos kilómetros al Este de Pardos. Los yacimientos de barita constan de filones cuya orientación principal es ENE-OSO, habiendo sido el principal exponente la mina María Luisa. De menores dimensiones, pero con mucho más interés mineralógico han sido los yacimientos de cobre, que también son de tipo filoniano y cuya labor más reseñable ha sido la mina Estrella. Actualmente la actividad minera en la zona es muy poco relevante, limitándose a la extracción puntual de limonitas en los yacimientos de hierro, destinada a ocre para pinturas.



Masa de barita espática con inclusiones de tetrahedrita transformada en tripuyita. Tamaño del ejemplar: 4 cm. Colección y foto: G. García.



Restos de un receptáculo cuadrangular anejo a los edificios de la mina. Son frecuentes los restos de escorias de la etapa de beneficio, con 4 hornos de fundición de mineral. Foto: G. García, 8/2002.



Grupo de excelentes cristales de azurita. Encuadre de 10 mm. Colección: F. Piña y E. Espuña. Foto: F. Piña.

El yacimiento de la mina Estrella es de tipo filoniano y está relacionado con la fracturación tardihercínica. La mineralización aparece rellenando brechas tectónicas y aparentemente aparece enriquecida en la intersección de fracturas NO-SE y N-S que cortan a las rocas carboníferas.

Según se indica en la memoria de la hoja geológica 489 a escala 1:50.000 (Almeida *et al.*, 1981), la mineralización sería posthercínica pero estaría relacionada con los episodios efusivos ácidos de riolitas y la fracturación postpaleozoica. Según estos autores, habría una mineralización primaria que habría dado lugar a un enriquecimiento secundario de sul-

furos de plata en la zona de cementación (argentita, platas rojas) y de carbonatos de cobre por procesos de meteorización en las zonas más superficiales del yacimiento.

Según hemos podido comprobar, la mineralización primaria en la mina Estrella es muy simple y estaría constituida por galeña, calcopirita y tetrahedrita, con cantidades menores de pirita. No obstante, todas las muestras con esta mineralización de sulfuros se han obtenido de las escombreras, por lo que un muestreo más exhaustivo en los propios filones podría arrojar más luz sobre la etapa primaria de mineralización. Aparentemente, esta paragénesis primaria carece de interés en

cuanto a mineralogía del ejemplar se refiere.

Por contra, los procesos de meteorización han dado lugar a una interesante y variada mineralogía que es la que ha dado fama a esta modesta mina. Tras las investigaciones realizadas por nuestra parte, hemos observado que hay una relación entre las rocas encajantes de la mineralización y las fases minerales que se forman en los procesos supergénicos. Así, los minerales que se forman cuando hay calizas son carbonatos, mientras que son arseniatos los especímenes neoformados cuando el encajante son pizarras y cuarcitas. El proceso de alteración se da sobre todo en las rocas más permeables, en donde la tetrahedrita es completamente reemplazada por una mezcla de óxidos de Cu-Pb-Sb, fundamentalmente bindheimita, y en menor medida partzita y tripuyita. Otros óxidos de antimonio detectados por análisis EDAX podrían corresponder a estibiconita y cervantita. Además de estas fases minerales, una parte de las masas pulverulentas amarillas procedentes de la degradación de los sulfuros primarios han sido reconocidas como mimetita.

El origen de la paragénesis de arseniatos de Pb y Cu habría que buscarla en el contenido en arsénico de las tetrahedritas, puesto que no se han observado otros minerales primarios de este elemento. No obstante, insistimos en que el muestreo se ha realizado exclusiva-

mente en los materiales de las escombreras, por lo que no sería del todo descartable una etapa primaria de mayor temperatura con presencia de otros arseniuros o sulfoarseniuros como la arsenopirita. Resulta significativa la ausencia de escorodita, principal producto de alteración de la arsenopirita en la mayoría de sus yacimientos, lo que invita a considerar la ausencia inicial de dicho mineral arsenical.

Los arseniatos aparecen depositados fundamentalmente en los huecos de los minerales de la ganga (barita y cuarzo) y formando costras en los materiales detríticos (areniscas, cuarcitas) de las rocas encajantes. Se reconoce una secuencia de cristalización en la que primeramente se deposita la mimetita, que es recubierta o parcialmente reemplazada por bayldonita y miembros del supergrupo de la alunita (hidalgoita, beudantita, beaverita-plumbojarosita) con Pb como catión "A" mayoritario. Otros arse-

niatos de Pb/Cu como la arsentsumebita y la duftita se presentan en Pardos sólo como rarezas en las etapas finales del proceso de cristalización.

Entre los arseniatos de cobre con ausencia de Pb se forma clinoclasa, con cantidades menores de olivenita y cornwallita.

Es interesante destacar la aparición de clinoclasa en Pardos, ya que este raro mineral necesita para su formación unas condiciones muy específicas en el proceso de alteración supergénica, tanto en los valores de pH como en los potenciales de oxidoreducción.

Curiosamente, unos de los mejores ejemplares de clinoclasa del mundo se encuentran también en un depósito de cobre asociado a pórfidos riolíticos (Majuba Hill, Nevada), donde además, también aparecen olivenita y cornwallita. Por otra parte, la paragénesis de arseniatos Pb/Cu de Pardos se asemeja notablemente a la de la clásica región de

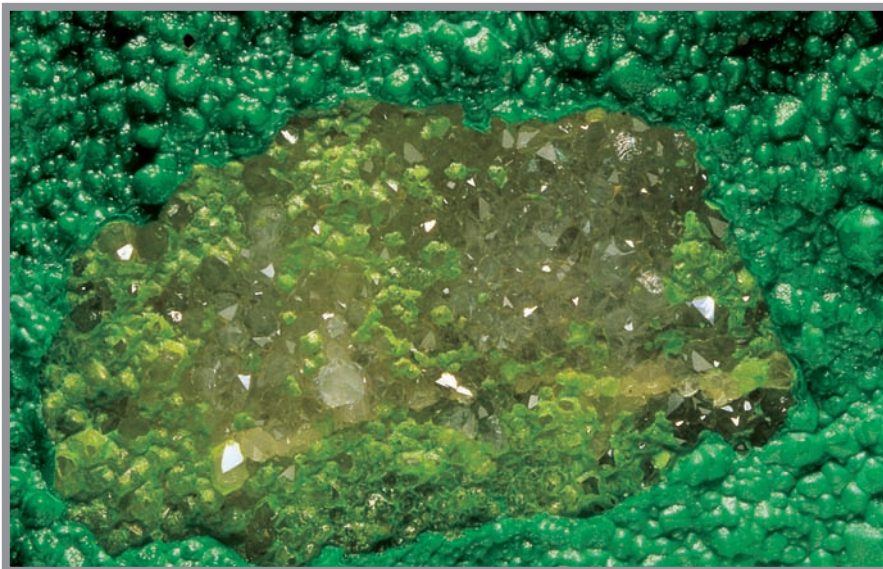
El yacimiento es de tipo filoniano y está relacionado con la fracturación tardihercínica. La mineralización rellena brechas tectónicas y la meteorización ha dado lugar a una interesante mineralogía, que es la que ha dado fama a esta mina

Cornwall (Inglaterra), que proporcionó durante los siglos XVIII-XIX, los mejores ejemplares de olivenita, clinoclasa, cornwallita, mimetita y bayldonita. Diversas minas de este distrito son las localidades tipo de todas estas especies, a excepción de la mimetita.

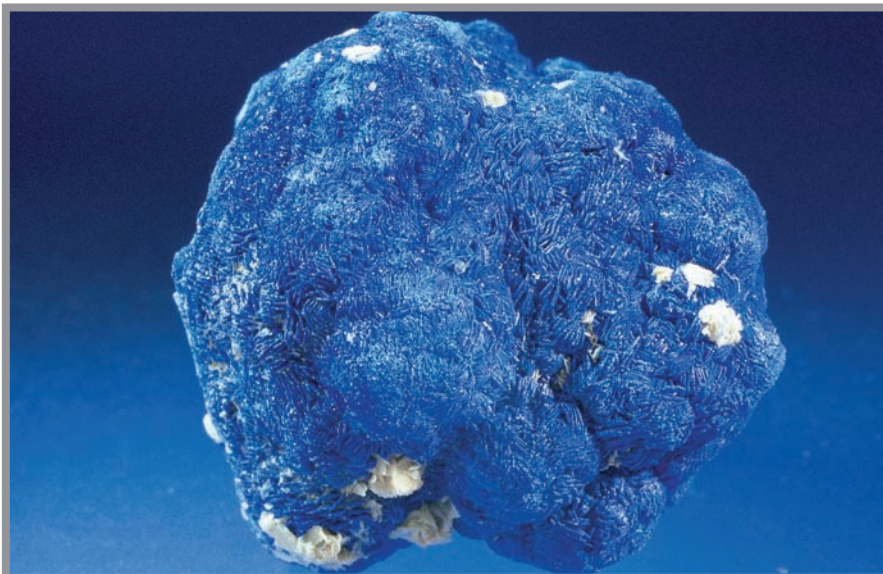
En relación con las rocas carbonatadas encajantes se forma una importante cantidad de carbonatos de cobre (azurita y



Restos de la fachada del edificio principal que se reconoce en la mina Estrella. En la esquina del primer plano se observa un canto con azurita, mineral muy extendido en el yacimiento. La época de mayor actividad se registró hacia mediados del siglo XIX. Foto: G. García, 8/2002.



Cornwallita (verde azulado intenso) con hidalgoita sobre cuarzo. Encuadre de 8 mm. Colección: J. Viñals. Foto: F. Piña.



Nódulo de azurita. Tamaño: 1,5 cm Colección: G. García. Foto: J. M. Sanchis.



Bayldonita en cuarzo. Encuadre de 8 mm. Colección: M. de Torres. Foto: F. Piña.

Una de las especies más interesantes de la mina Estrella es la clino-clasa, raro mineral que necesita unas condiciones muy específicas para su formación

malaquita) y en menor medida de plomo (cerusita), con sucesivos procesos de sustitución y reemplazamiento.

Finalmente, se reconoce en Pardos una paragénesis tardía de óxidos, constituida por goethita, óxidos de manganeso, cuprita y tenorita. Asimismo, se ha identificado la presencia de libethenita y pseudomalaquita (quizás también reichenbachita). La libethenita forma pequeños cristales sobre una matriz riolítica, sin ninguna relación reconocible sobre el resto de fases supergénicas. La pseudomalaquita forma glóbulos cristalinos y se presenta sobre malaquita.

MINERALOGIA

Se describen a continuación los minerales de mayor interés positivamente identificados hasta la fecha, algunos de los cuales se describen por primera vez en este artículo, fruto de una investigación que ha continuado posteriormente a la publicación de Gröbner y Sáinz de Baranda, (1999). En la actualidad, resulta imposible la extracción de especímenes en su criadero original al haberse colapsado los accesos originales a la mineralización, por lo que el muestreo queda forzosa-mente limitado al material disperso por las escombreras, abundante por otra parte y que asegura unos momentos de distracción al coleccionista.

Anglesita

Se encuentra en pequeños cristales (menores a 1 mm), transparentes, incoloros, límpidos, de típico hábito tabular



Acceso a los restos de una galería trazada en riolita, actualmente con escaso recorrido y sin mineralización accesible. Foto: G. García, 8/2002.

y evidente simetría rómbica. Aparece en oquedades de cuarzo producidas por la alteración de galena.

Arsentsumebita

La arsentsumebita de Pardos es una de las especies más interesantes del yacimiento y una de las recientemente descubiertas en esta localidad. El hallazgo de los primeros ejemplares se realizó en 2002 (R. Muñoz y H. Cócer, 2003), siendo la especie caracterizada por uno de los autores del presente trabajo (JV). Aparece tanto en costras microcristalinas sobre cuarzo, como en globulillos aislados en los huecos de alteración de la galena. Se observa siempre asociada con bindheimita y malaquita y ocasionalmente con mimetita y cerusita. Su color es verde claro brillante, lo que la distingue tanto de la malaquita como de la bayldonita, ambas más oscuras. Los cristales, transparentes a translúcidos,

suelen ser como máximo de 0,2 mm y son de tipo lenticular formando rosetas.



Mimetita. Encuadre de 8 mm. Colección: J. Viñals. Foto: F. Piña.

Se conocen en la actualidad no muchas más de una docena de localidades verificadas para esta especie (www.min-dat.org), siendo las más conocidas la de Tsumeb (Namibia), localidad tipo (Bideaux *et al.*, 1966), y Ashburton Downs (Australia) (Níkel *et al.* 1993). El hábito de la arsentsumebita de Pardos se asemeja más al de la localidad tipo que al de los ejemplares australianos, cuyos cristales son de tipo equiaxial pseudoromboédrico. Es interesante indicar que en Pardos la arsentsumebita no se encuentra en la paragénesis rica en As/Cu, esto es, junto a clinoclasa, cornwallita y olivenita, sino en una asociación de transición más pobre en As y rica en Pb, como tránsito entre la paragénesis de arseniatos y la de carbonatos.

Azurita.

Es uno de los minerales más atractivos de Pardos, donde se encuentra en forma



Malaquita botroidal. Tamaño: 4,5 cm. Colección: B. Sáinz de Baranda. Foto: F. Piña.



Interior de la galería en riolita, con sendas cámaras talladas en su entrada. El avance al frente está colapsado. Foto: G. García, 8/2002.

de cristales azules prismáticos de hasta 20 mm de longitud, si bien son más frecuentes los tamaños inferiores a los 4 mm. Estos últimos suelen presentar una apreciable transparencia cuando se encuentran inalterados, constituyendo excelentes micromounts. Aparece con gran frecuencia con hábito lenticular y caras redondeadas, en tamaños típicos de 1 mm a 4 mm, y es común que se encuentre parcial o totalmente reemplazada por malaquita. Se observan también agregados romboédricos curvos y nodulillos aislados entre 1 cm y 3 cm de diámetro. El brillo es desigual, encontrándose los cristales

los más perfectos y brillantes en las geodas cerradas que no han sufrido las adversidades de la intemperie.

Durante los primeros años de explotación de las minas aparecieron grandes agregados globulares, concrecionados, de azurita y malaquita, que dieron lugar a la justa fama que distingue a la localidad de Pardos para estos dos minerales. De contraste notable son las impregnaciones de ambos minerales sobre la riolita blanca, resultando especímenes de cierto impacto visual, de los cuales está plagada la escombrera.

La ausencia de escorodita genera dudas sobre la existencia de una primera etapa con mispiquel, con lo que los arseniatos procederían de las tetraedritas. Respecto a ellas, no se ha podido confirmar que se trate de freibergita, como se ha venido postulando

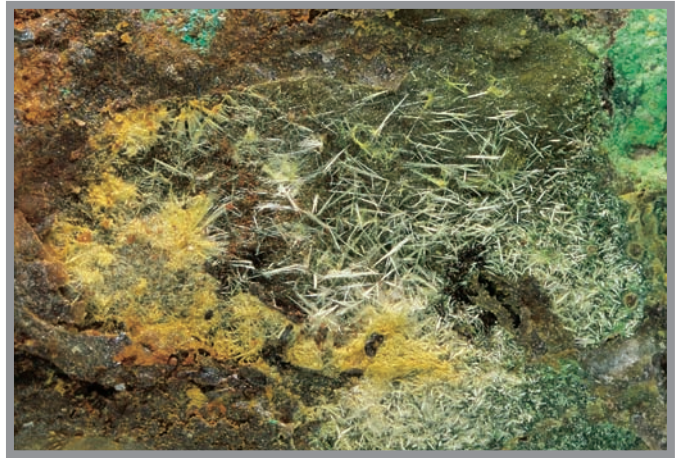
Salvador Calderón describe “preciosos cristales” asociados a cobres grises, cuarzo y “cobre verde”, procedentes de la mina “Molinesa”.

Bario-farmacosiderita

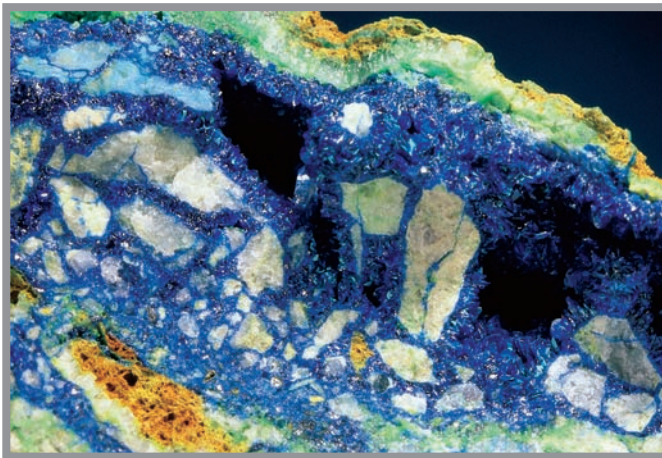
Resulta extremadamente escasa y difícil de encontrar en la paragénesis de arseniatos de Pardos. Forma pequeños cristales pseudocúbicos (en realidad la especie es tetragonal) de color anaranjado a amarillento y de tamaño inferior al milímetro. En los muy escasos ejemplares conocidos, los cristales de bario-farmacosiderita se encuentran implantados sobre hidalgoita y asociados o próximos a cornwallita, clinoclasa y olivenita. Los análisis efectuados han mostrado un considerable contenido en bario, por lo que



Pista de acceso a la mina Estrella desde el pueblo de Pardos. Foto: G. García, 8/2002.



Olivenita (variedad leucocalcita). Encuadre de 7 mm. Colección: J. Viñals. Foto: F. Piña.



Barita brechoide cementada por azurita. Encuadre de 15 mm. Colección: F. Piña y E. Espuña. Foto: F. Piña.



Azurita romboédrica sobre malaquita. Encuadre: 10 mm. Colección: G. García. Foto: F. Piña.

pueden considerarse como bario-farmacosiderita; lo cual no es muy sorprendente ya que ésta es la especie del grupo de la farmacosiderita más común en los yacimientos donde se presenta barita.

Barita

Aunque es un mineral abundante en Pardos, no presenta un excesivo interés mineralógico, al encontrarse siempre en forma de masas cristalinas. Más interesante son las cavidades de disolución de sulfuros que se encuentran incluidas en las masas de barita, por los minerales secundarios que se desarrollan en ellas.

Bayldonita

La bayldonita es una especie bastante rara a nivel internacional pero excepcional-

mente común en Pardos, siendo aquí el arseniato más abundante. Incluso hace relativamente pocos años podían recogerse en las escombreras ejemplares de grandes dimensiones – más de 20 cm – ricamente cubiertos de esta especie. Es curioso que estos ejemplares se hayan conservado durante casi un siglo a la vista de los buscadores de malaquita y azurita para colecciones escolares, siendo probablemente rechazados al considerarse malaquita de baja calidad.

La bayldonita de Pardos aparece en forma de esferas, glóbulos y costras de un verde manzana característico, asociado frecuentemente con mimetita, a la que reemplaza y llega a pseudomorfizar por completo. Son característicos de esta especie los “moldes” de cristales de mimetita sustituidos parcial o totalmente por bayldonita, dejando en muchos casos un interior hueco del cristal. Esta formación es también típica de las loca-

lidades de Tsumeb y Cornwall, pero no común en otras localidades.

Otras veces aparece recubriendo costras de óxidos de hierro o manganeso lo que le comunica un color verde negruzco. Las formaciones de bayldonita consisten en agregados subparalelos de cristales monoclinicos de hábito pseudooctaédrico y cuyo tamaño no sobrepasa los 0,05 mm.

La bayldonita de Pardos es un arseniato de formación intermedia entre la mimetita y los arseniatos de cobre. Implantadas muchas veces sobre bayldonita se encuentran la clinoclasa, olivenita y cornwallita entre los arseniatos y la azurita y malaquita entre los carbonatos.

La distinción entre bayldonita, cornwallita y malaquita es a veces difícil “in situ” ya que pueden tener un color similar. Un test sencillo bajo binocular consiste en tocar el mineral con una microgota de ácido clorhídrico concentrado mientras se efectúa la observación. La bayldonita da una man-



Paraje de escombreras removidas. El grupo de personas se encuentra de espaldas a la galería en riolita. Foto: G. García, 8/2002.



Otro afloramiento de cuarcitas, en el límite de la zona de escombreras de la mina Estrella. Foto: G. García, 8/2002.

cha blanca inmediata (PbCl_2) en el punto de contacto, la comwallita conserva el color y se disuelve lentamente y la malaquita produce rápida efervescencia.

Beaverita-plumbojarosita

El supergrupo de la alunita (Jambor, 1999) está presente en Pardos en un relativamente amplio número de especies, principalmente en forma de fases tipo sulfato-arseniato. La fórmula general del

supergrupo es –aproximadamente– del tipo $\text{AB}_3\text{C}_2(\text{OH})_6$. La posición A puede contener muchos cationes como K, Na, Ag, Sr, Ba, Pb, etc. La B principalmente Al, Fe y Cu y en la C se presentan oxianiones como SO_4 , AsO_4 , $\text{AsO}_4(\text{OH})$, PO_4 o $\text{PO}_4(\text{OH})$.

La serie beaverita ($\text{Pb}(\text{Fe,Cu})_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$) –plumbojarosita ($\text{Pb}_{0.5}\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$) se conoce en Pardos pero de forma muy escasa. Sólo unos pocos análisis efectuados entre las costras cristalinas de color amarillo dorado constituidas por miembros del

supergrupo han arrojado una composición intermedia entre la beaverita y la plumbojarosita, con un ratio Cu/Fe próximo a la unidad. Las costras consisten en agregados de cristales romboédricos de hasta 0,1 mm, asociadas a cuarzo y malaquita.

Beudantita

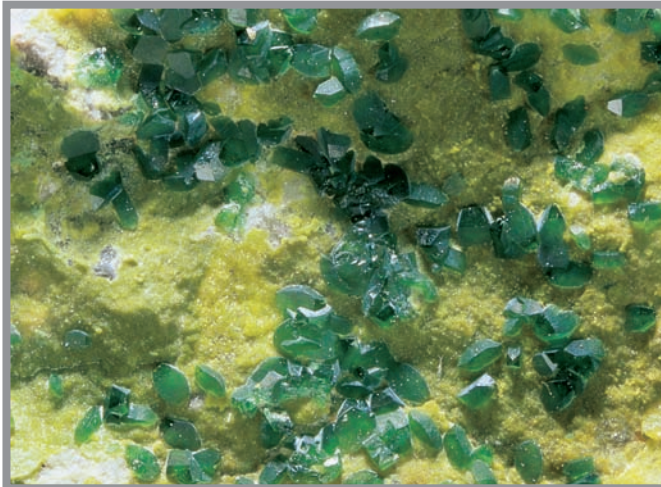
Es otro miembro del supergrupo anterior que se ha determinado en los análisis efectuados. La beudantita ($\text{PbFe}_3(\text{SO}_4, \text{AsO}_4)_2(\text{OH})_6$) forma a su vez un grupo que lleva su nombre, dentro del supergrupo de la alunita. Aparece en Pardos en forma de pequeños cristales verde-amarillentos muy brillantes, con característica forma romboédrica aguda, si bien lo más común es que se presenta en forma de masas criptocristalinas. Se ha encontrado siempre encajada en cuarzo y normalmente asociada a la mimetita, a la que recubre. Es preciso notar que estos minerales del supergrupo de la alunita se forman en un ambiente muy ácido ($\text{pH} \approx 1$) por lo cual faltan completamente en la paragénesis de carbonatos.

Bindheimita

Constituye la parte dominante de los productos terrosos de alteración de la galena y la tetraedrita, a veces pseudomorfizando cristales de estos minerales, y asociada a tripuhya, partzita, estibiconita y otros óxidos de Sb. Aparece con cierta abundancia en todas las escombreras, con un característico color ocre amarillento. Sobre estibiconita se encuentran normalmente junto con cerusita y malaquita y, muy ocasionalmente, arsenesumbita.

Calcopirita

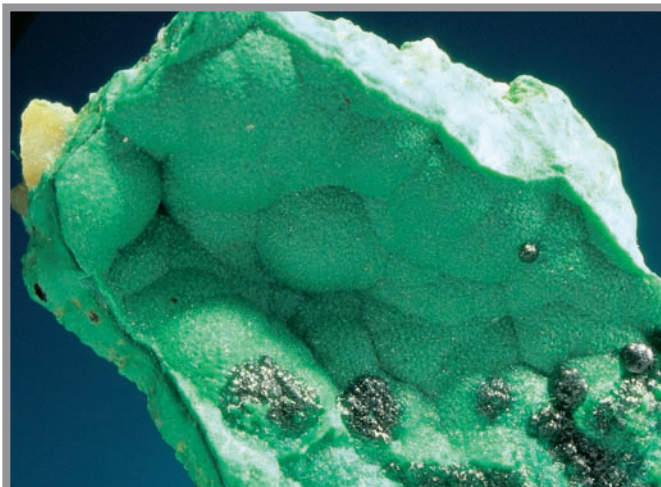
Es un mineral poco abundante en los restos de minerales metálicos encontrados actualmente en las escombreras. Se encuentra casi siempre acompañando a la tetraedrita. Debíó aparecer con cierta abundancia durante la época de explota-



Grupo de cristales de olivenita. Encuadre de 7 mm. Colección: J. Viñals. Foto: F. Piña.



Grupo de cristales maclados de cerusita. Encuadre de 8 mm. Colección: B. Sáinz de Baranda. Foto: F. Piña.



Pseudomalaquita (nódulos oscuros) sobre malaquita. Encuadre: 14 mm. Colección: G. García. Foto: F. Piña.



Azurita con malaquita. Encuadre de 8 mm. Colección: A. Jiménez. Foto: F. Piña.

ción, a juzgar por la cantidad de minerales secundarios de cobre que se encuentran. Calderón (1910) la cita en masa sobre cuarzo.

Se han encontrado pequeños cristales y masas de calcopirita sobre siderita o ankerita en la cercana mina de hierro “La Inesperada”, también en el término de Pardos (Calvo, 2003).

Calcosina

Según Calderón (1910), acompañaba a la calcopirita en las venas de cuarzo, siendo algo arsenical. Sin embargo, la observación del carácter arsenical pone en duda la cita ya que el arsénico no entra en la estructura de esta especie. Modernamente, no se ha observado calcosina

en las escombreras de Pardos y probablemente pudo ser confundida con tetraedrita masiva.

Cerusita

Aparece con gran abundancia en forma cristalina sobre cuarzo. Sin embargo, son mucho más escasas las muestras bien cristalizadas, que normalmente se hallan en las propias geodas del cuarzo, en asociación con malaquita y mimetita.

Los cristales de cerusita suelen ser pequeños, entre 1 mm y 5 mm, con formas prismáticas y tabulares. Son frecuentes las maclas en grupos de 2 y 3 individuos, conformando un ángulo próximo a 120° entre ellos.

Clinoclasa

Resulta uno de los minerales más interesantes de Pardos, tanto por su rareza como por la perfección de los cristales que se localizan en algunas zonas determinadas de las escombreras. En la paragénesis de arseniatos de cobre, la clinoclasa es el mineral dominante, estando acompañado normalmente de menores cantidades de olivenita y cornwallita. Otros minerales a los que se asocia son la azurita y la mimetita, ésta última en forma de cristales prismáticos de color melado. La clinoclasa aparece en la siguiente secuencia: Mimetita > bayldonita > clinoclasa + olivenita + corwallita > azurita.

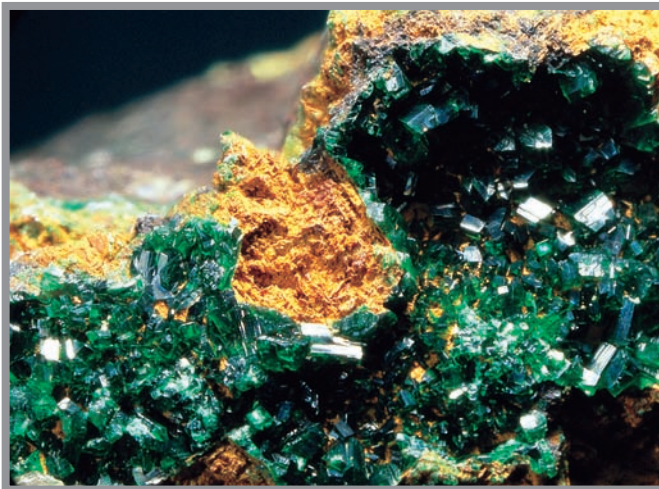
Los cristales individualizados son raros, generalmente pequeños, menores a 1 mm



Bayldonita pseudomórfica de mimetita con azurita. Encuadre de 6 mm. Colección: M. de Torres. Foto: F. Piña.



Libethenita en riolita. Encuadre de 8 mm. Colección: J. Viñals. Foto: F. Piña.



Malaquita en cristales bien definidos. Encuadre de 8 mm. Mina La Inesperada. Colección: A. Jiménez. Foto: F. Piña.



Azurita en barita. Fractura de grupo nodular que permite apreciar su construcción fibrosorradiada. Colección: G. García. Foto: F. Piña.

(aunque en raras ocasiones se llegan a encontrar cristales próximos a los 3 mm), siendo más frecuente encontrarlos agrupados en formaciones divergentes y grupos radiados de hasta 15 mm. En ocasiones, se han encontrado grandes superficies de la roca encajante recubiertas por una tupida alfombra de cristaltitos de clinoclasa de color azul verdoso intenso. Los cristales aislados que se encuentran en las cavidades del cuarzo son de color azul oscuro y con fuerte brillo, mostrando cierta transparencia que les confiere una calidad que sólo podría ser superada por el tamaño de los mismos. Posiblemente, estos cristales sean los mejores encontrados en España hasta la fecha. Los cristales de Pardos son de tipo alargado o tabulares según [001], semejantes a los clásicos de las minas de

Cornwall. Presentan una rotura fácil por exfoliación y un color de la superficie exfoliada azul verdoso intenso, característico, muy distinto al de la fractura de la azurita.

Cobre Nativo

Es un mineral escaso que se encuentra habitualmente en el núcleo de agregados masivos de cuprita, en el interior de los filones cuarcíferos. Aparece en forma de granos milimétricos.

Cornwallita

Se encuentra en forma de pequeñas esferas verdes y agregados nodulares junto

con la clinoclasa y la olivenita, siendo uno de los minerales típicos de la paragénesis de arseniatos de cobre. Suele presentar un color verde oscuro que lo diferencia de otros minerales secundarios cobrizos. Ocasionalmente se han encontrado drusas sobre cuarzo, con cristales muy pequeños (0,1 mm máximo) pero definidos, con hábito de tipo piramidal corto.

Crisocola

Según Calderón, S. (1910), aparece este mineral junto con la azurita de Pardos, constituyendo verdaderos lechos de variable espesor y color pardo y verde. Modernamente no se han encontrado ejemplares apreciables de este mineral lo que hace sospechar que los “lechos de color pardo

y verde” sean otros minerales comunes en Pardos como la bayldonita, ya que la crisocola es manifiestamente azulada.

Cuarzo

Es el mineral no metálico más abundante de los filones, donde puede desarrollar pequeños cristales de hasta 1 cm en las cavidades. Sobre él aparecen la cerusita, azurita, clinoclasa, etc. El hábito más frecuente de los cristales es el prismático corto.

Cuprita

Es un mineral poco abundante en las minas de Pardos, apareciendo siempre en agregados granulares de unos pocos centímetros en cuarzo. Es siempre masiva y normalmente contiene inclusiones de cobre nativo. Se encuentra raramente en las zonas internas de algunos agregados de malaquita.

Duftita

La duftita es muy rara en Pardos o bien ha pasado comúnmente desapercibida. Se encuentra en grupos de cristallitos aislados, nunca formando costras, implantados sobre cuarzo o hidalgoita. El hábito de los cristales es prismático (tabular) con cierto desarrollo de caras piramidales. Son frecuentes las maclas de compenetración. El tamaño máximo de los cristales es de unos 0,2 mm pero, a estos tamaños, los cristales se presentan algo redondeados, con aspecto de “grano de arroz”. El color de la duftita de Pardos es verde amarillento, más bien claro, lo que puede confundirla con la olivenita. Sin embargo, el hábito es distinto, así como su respuesta al test del HCl, ya que da una mancha blanca como la bayldonita. La duftita se ha formado en condiciones que no deben ser comunes en la génesis de secundarios de Pardos. Esto es, en zonas con relativo déficit de cobre respecto al plomo, durante la deposición de arseniatos.

Galena

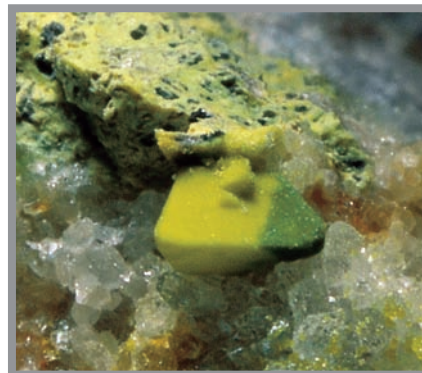
Al igual que ocurre con la calcopirita, debió ser un mineral frecuente durante la etapa de beneficio de la mina. Sin embargo, resulta difícil encontrar actualmente pequeños nódulos y masas en los filones de cuarzo y barita. Normalmente, se encuentra alterada a bindheimita, cerusita y mimetita.

Hidalgoita

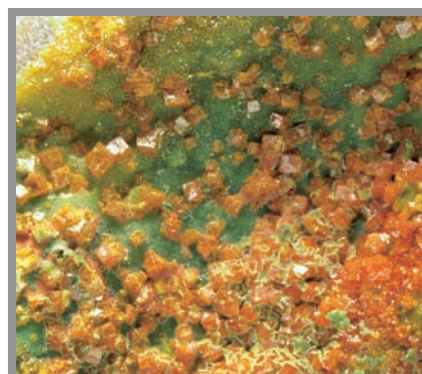
Entre los minerales analizados que constituyen finas costras amarillentas-verdosas y agregados esferulíticos en las venas de cuarzo y sobre las rocas encajantes, se encuentran los sulfoarseniatos del grupo de la beudantita, con predominio de plomo y aluminio, por lo que deben ser considerados como hidalgoita ($\text{PbAl}_3(\text{SO}_4)(\text{AsO}_4)(\text{OH})_6$), si bien existe una serie completa entre otros miembros del grupo, especialmente con beudantita, beaverita y plumbojarosita. Aunque resulta difícil distinguir estos minerales de la bayldonita sin un preciso análisis microquímico, puede resultar distintivo el color algo más oscuro de la bayldonita, y la frecuente asociación de ésta con la mimetita. Además, con gran aumento puede observarse que las costras de hidalgoita están formadas por diminutos cristales romboédricos característicos de la especie. En alguna ocasión se han encontrado cristales de tetraedrita y también mimetita, totalmente pseudomorfizados por hidalgoita.

Libethenita

La libethenita y la pseudomalaquita (o la reichenbachita) son los únicos fosfatos identificados hasta la fecha en las minas de Pardos aunque no se presentan directamente asociados entre sí. La libethenita se encuentra en forma de grupos radiales de cristales en el entorno de 1 mm -2 mm, directamente sobre la roca riolítica, una de las encajantes del yacimiento. El hábito de los cristales es normalmente pris-



Hidalgoita pseudomórfica de tetraedrita. Cristal de 1 mm. Colección: J. Viñals. Foto: F. Piña.



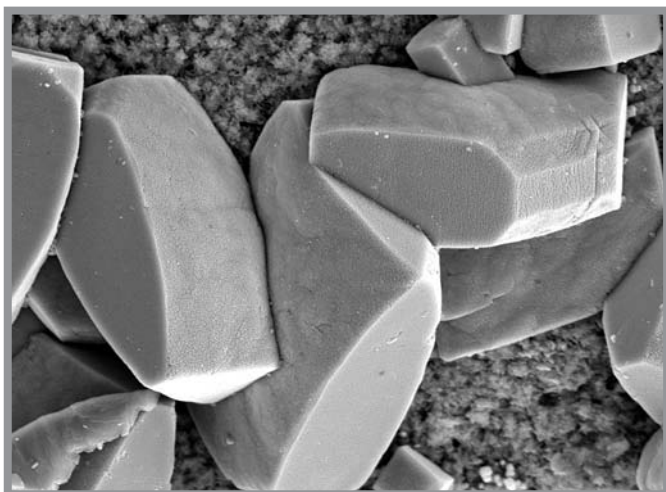
Bariofarmacosiderita. Encuadre de 4 mm. Colección: J. Viñals. Foto: F. Piña.



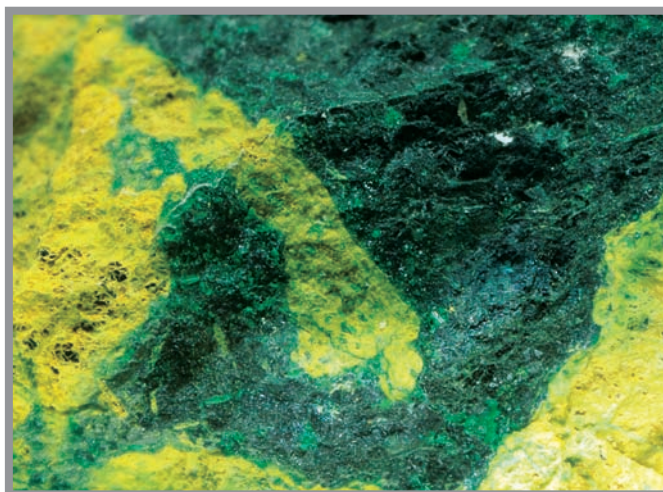
Hidalgoita pseudomórfica de mimetita. Cristales de 2 mm. Colección: J. Viñals. Foto: F. Piña.



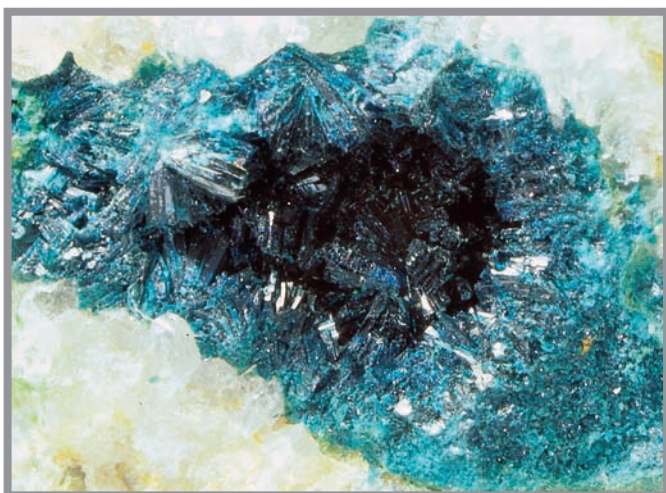
Cerusita. Cristales de 1 mm. Colección: B. Sáinz de Baranda. Foto: F. Piña.



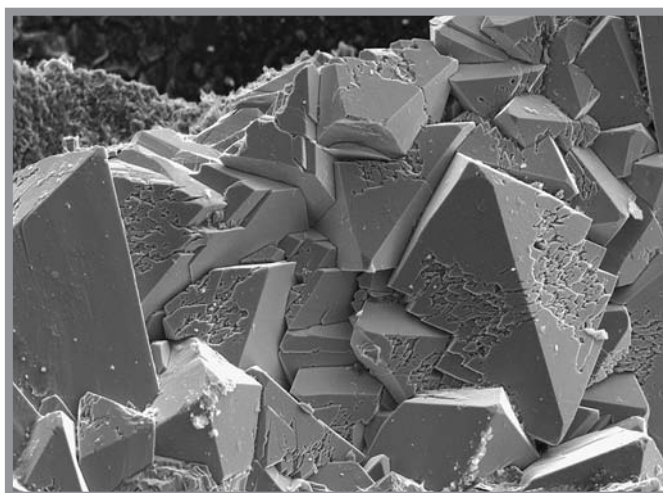
Duftita. Colección y foto: J. Viñals.



Bindehimita con tenorita y malaquita. Encuadre de 8 mm. Colección: J. Viñals. Foto: F. Piña.



Clinoclase. Geoda de 6 mm. Colección: M. de Torres. Foto: F. Piña.



Libethenita. Colección y foto: J. Viñals.

mático terminado en pirámides de escaso desarrollo. Ocasionalmente, no obstante, también se han encontrado cristales de hábito dipiramidal. El color es verde botella claro. Ésto, juntamente con la simetría rómbica de los cristales puede también confundirla con la olivenita. Sin embargo, hay que indicar que estos fosfatos no se encuentran en la paragénesis Cu-Pb-As del yacimiento, sino que probablemente corresponden a un episodio tardío y algo alejado de la mineralización principal. Se trataría del resultado de la acción de fluidos supergénicos conteniendo fosfato, sobre impregnaciones de cobre soluble que hubieran migrado hacia las fisuras de roca riolítica encajante y que no contiene mineralización primaria.

Malaquita

Posiblemente es el mineral secundario más abundante que aparece en las minas de Pardos, y junto con la azurita y la clinoclase, uno de los más atractivos que se encuentran en estas minas. Parece ser que durante la primera época de explotación se obtuvieron grandes masas concrecionadas (una foto de las cuales aparece representada en Calderón, 1910), con estructura concéntrica típica de este mineral, y que fueron objeto de tallas como la que, según menciona Calderón, se encontraban en el Museo de Ciencias Naturales de Madrid, ya citadas por Bowles. Actualmente resulta difícil encontrar masas centimétricas de malaquita en las escombreras, si bien son frecuentes las costras y los pequeños cristales “prima-

rios”, aciculares a prismáticos, asociados con cerusita y cuarzo. También es frecuente encontrarla pseudomorfizando cristales lenticulares de azurita, parcial o totalmente.

Mimetita

La mimetita de Pardos ya fue citada por Calderón en 1910, quien la observó de forma masiva, asociada con azurita, en ejemplares del Museo de Ciencias Naturales de Madrid. En forma bien cristalizada presenta tres hábitos diferentes: el primero, en forma de agregados de cristales prismáticos de varios centímetros de longitud, a veces divergentes, con un extraordinario color amarillo miel poco frecuente en este

mineral, y asociado con clinoclasa y azurita. El segundo, en forma de cristales prismáticos y piramidales agudos, casi aciculares, de color marrón pálido, y frecuentemente alterados y pseudomorfizados por bayldonita e hidalgoita. En estos casos, es frecuente que el cristal se encuentre totalmente disuelto, quedando cilindros huecos verdosos (paramorfosis). El último hábito observado es en forma de cristales prismáticos cortos, casi equidimensionales, constituidos por prisma, pirámide y pinacoide basal, de colores amarillos a verdosos, y tamaños milimétricos (1-3 mm).

Los análisis efectuados muestran muy bajos contenidos en fósforo, constituyendo ejemplares de gran pureza. También apareció mimetita en los espectros de difracción efectuados en las masas amarillas, pulverulentas, asociadas con cerusita.

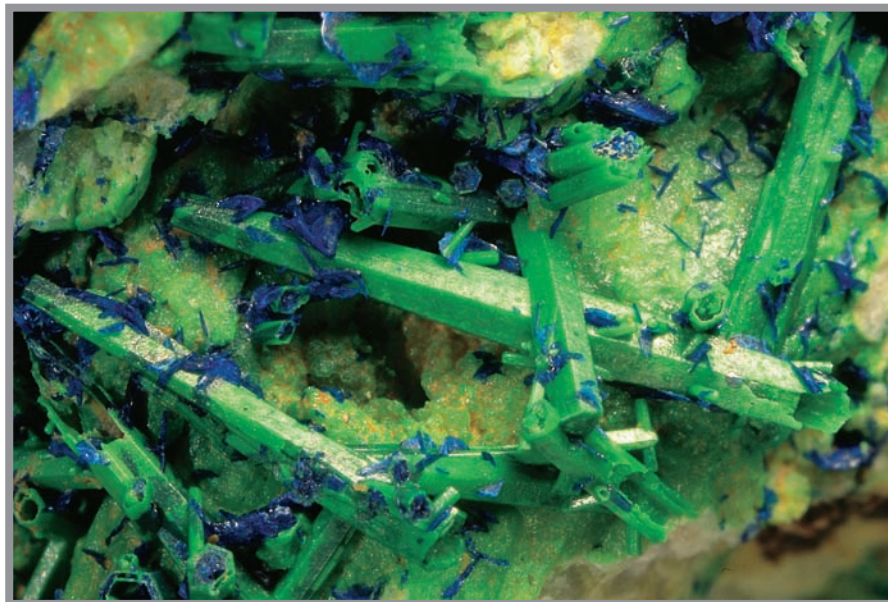
Olivenita

Los cristales de olivenita se encuentran con dificultad en Pardos, siendo posiblemente el arseniato de cobre más escaso de esta paragénesis. Cuando aparecen, lo hacen en forma de cristales aislados, prismáticos a tabulares y con caras ligeramente redondeadas, de tamaño inferior a 2 mm y color verde oscuro característico, zonados (con el núcleo más claro), asociados habitualmente a clinoclasa y cornwallita, presentándose normalmente sobre hidalgoita, beudantita o bayldonita.

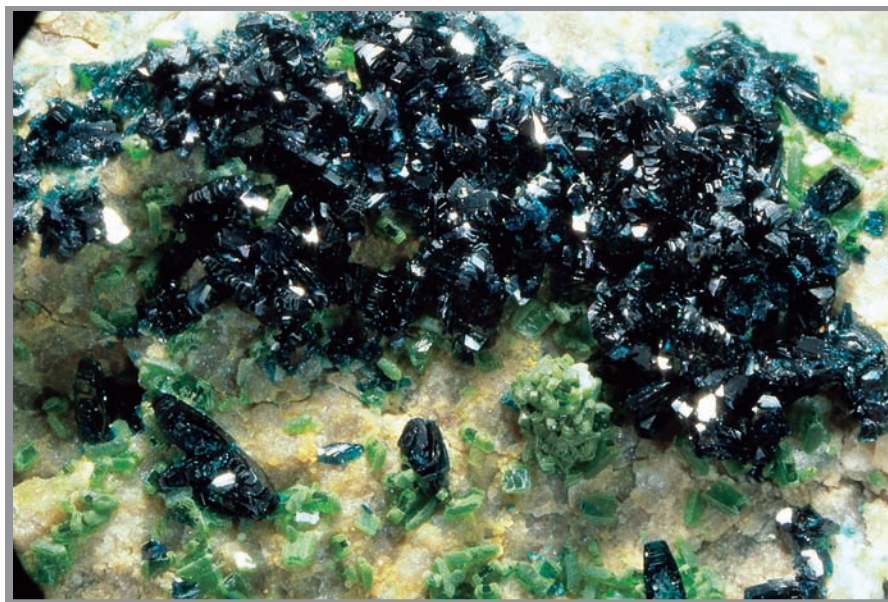
Además de estos cristales característicos, también se ha encontrado en forma de cristales bipiramidales, pseudooctaédricos, con pequeño contenido en Zn. También puede aparecer en forma de pequeños haces de fibras verde-grisáceas a blanquecinas (variedad "leucocalcita"), en este caso sin trazas de Zn.

Partzita

Se encuentra intercrecida con bindheimita y tripuyta entre los pro-



Bayldonita pseudomórfica de mimetita, con azurita. Encuadre: 10 mm. Colección: F. Piña y E. Espuña. Foto: F. Piña.

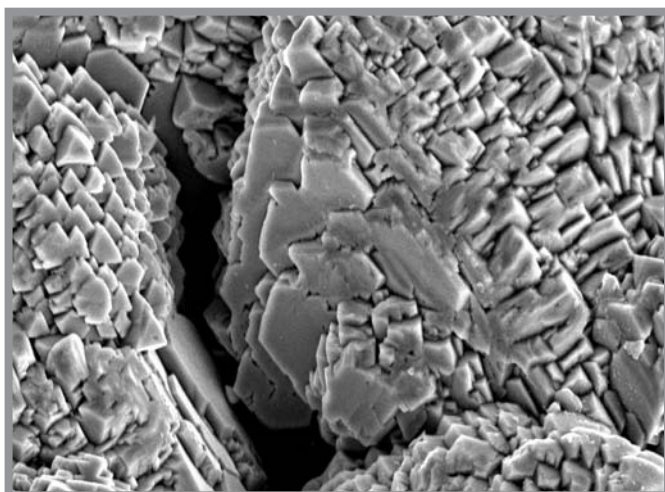


Clinoclasa con olivenita. Colección: M. del Torres. Foto: F. Piña.

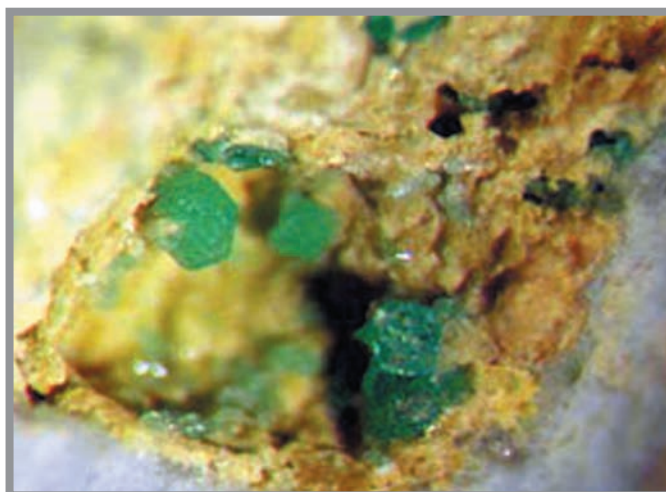
ductos terrosos de alteración de la tetraedrita, a la que pseudomorfizan. Visualmente, son difíciles de distinguir estos óxidos, aunque la bindheimita, cuando es pura, es de color amarillo canario, mientras que la partzita y la tripuyta són de color pardo a marrón. Muy raramente se han encontrado cristales de tetraedrita totalmente sustituidos por partzita, en todo idénticos a los descritos por Strieglitz y Dietrich (1994) procedentes de las minas de Müschende (Sauerland).

Pseudomalaquita (Reichenbachita ?)

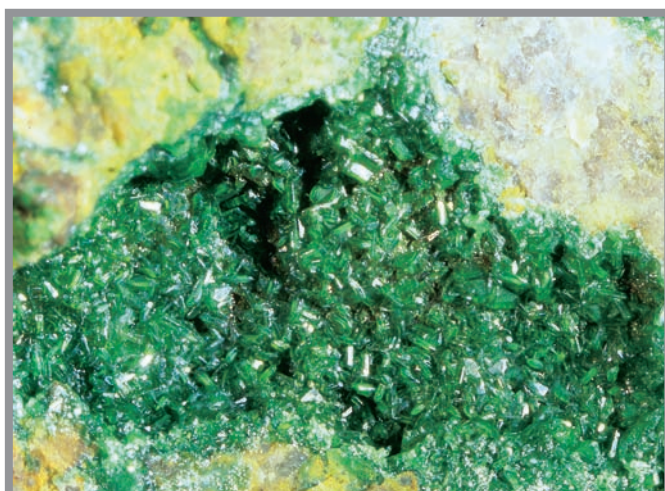
La pseudomalaquita (o reichenbachita) es, por lo que parece, muy rara en Pardos. No obstante, no debe descartarse la presencia de este mineral en algunas muestras de malaquita de esta localidad presentes en las colecciones. Las escasas muestras encontradas consisten en globulillos aislados, de alrededor de 1mm, implantados sobre malaquita concrecionada. Se distinguen de la malaquita por un color verde bastante más oscuro.



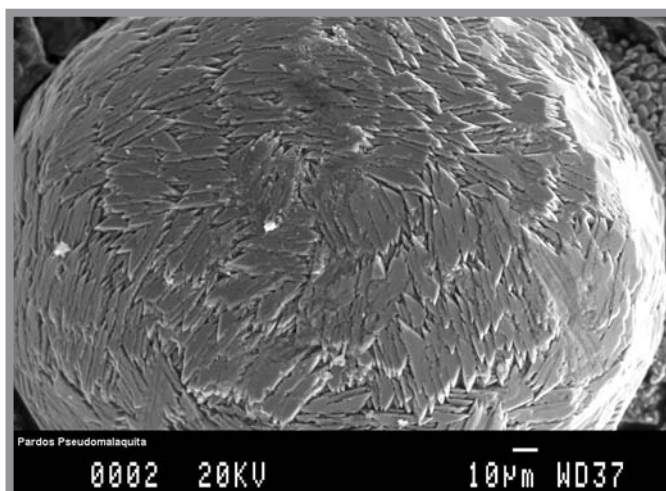
Bayldonita. Colección y foto: J. Viñals.



Arsenosumebita sobre bayldonita en un hueco de alteración de galena. 25 aumentos. Colección y foto: H. Cócerá.



Libethenita. Encuadre: 8 mm. Colección: A. Jiménez. Foto: F. Piña.



Pseudomalaquita/Reichembachita. Colección y foto: J. Viñals.

Los glóbulos están formados por agregados orientados de cristales monoclinicos con ángulos muy agudos, lo que les confiere un aspecto cuneiforme. Este hábito en la superficie de los glóbulos es precisamente el típico de la reichembachita por lo que no puede descartarse que los ejemplares correspondan, al menos en parte, a este polimorfo de la pseudomalaquita también monoclinico. La escasez de muestra disponible hasta la fecha no ha permitido un análisis estructural por difracción.

La formación de pseudomalaquita o reichembachita en Pardos se debe, probablemente, a la acción de aguas supergénicas ricas en fosfato sobre costras preexistentes de malaquita. Es de notar que el fosfato que se forma sobre un

exceso de malaquita, y por tanto sobre un exceso de cobre, es pseudomalaquita y/o reichembachita (Relación Cu/P = 2,5) y no libethenita (Relación Cu/P = 2).

Tenorita

Aparece en forma de masas negruzcas, pulverulentas, y agregados globulares, asociada a malaquita, partzita y bindheimita.

Tetraedrita

Probablemente fue el principal mineral objeto de explotación en Pardos, quizá por su posible contenido en plata, extre-

mo que no ha podido clarificarse durante las analíticas de este trabajo. Citadas ya por Naranjo, F. (1862) y Calderón, S. (1910) por su importancia como menas en los criaderos de Pardos, si bien sólo se mencionan grandes masas, en parte alteradas, sin que se reconozcan caras visibles de cristales, hecho de sobra constatado, si bien a escala milimétrica pueden apreciarse pequeños cristales en los bordes de las venas de cuarzo y barita. Según Fos Carbajosa (1981), las tetraedritas de Pardos deberían considerarse como freibergitas. No obstante, este aspecto no lo hemos podido confirmar, sino todo lo contrario. Los análisis que hemos efectuado, bien es verdad que con materiales de escombrera posiblemente distintos a los de los filones beneficiados, muestran una



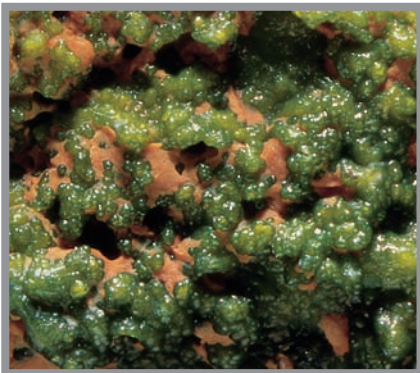
Mimetita sobre beudanticita. Encuadre: 4 mm. Colección: J. Viñals. Foto: F. Piña.



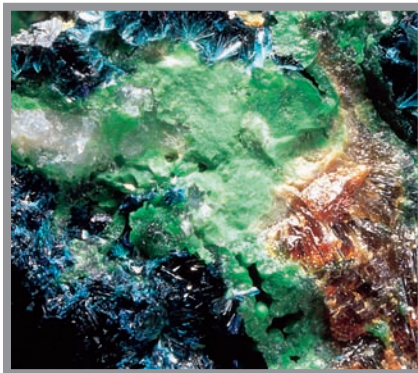
Cerusita, cristales de 1 mm sobre malaquita. Colección: B. Sáinz de Baranda. Foto: F. Piña.



Hidalgoita. Encuadre: 4 mm. Colección: A. Jiménez. Foto: F. Piña.



Hidalgoita. Encuadre: 2 mm. Colección: J. Viñals. Foto: F. Piña.



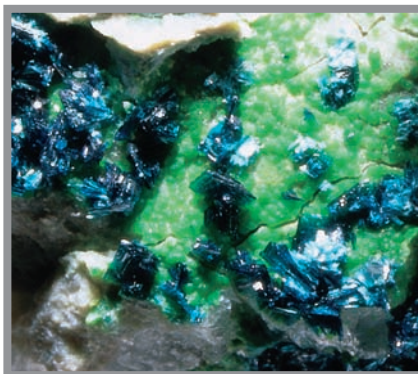
Clinoclase con mimetita y cornwallita. Encuadre: 8 mm. Colección: B. Sáinz de Baranda. Foto: F. Piña.



Beaverita en cuarzo. Encuadre: 4 mm. Colección: A. Jiménez. Foto: F. Piña.



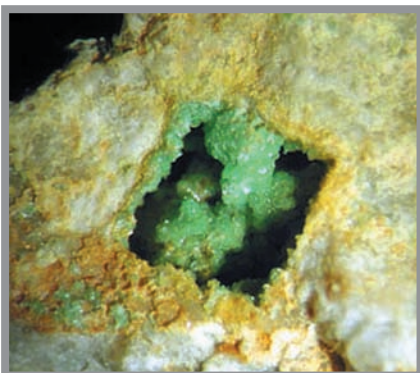
Mimetita. Encuadre: 5 mm. Colección: M. de Torres. Foto: F. Piña.



Clinoclase con cornwallita. Encuadre: 4 mm. Colección: B. Sáinz de Baranda. Foto: F. Piña.



Libethenita sobre riolita. Colección: G. García. Foto: F. Piña.



Arsensumebita (X 14 aumentos) en el hueco de un cristal desaparecido de galena. Colección y foto: H. Cócer.



Beaverita en cuarzo. Encuadre: 4 mm. Colección: J. Viñals. Foto: F. Piña.



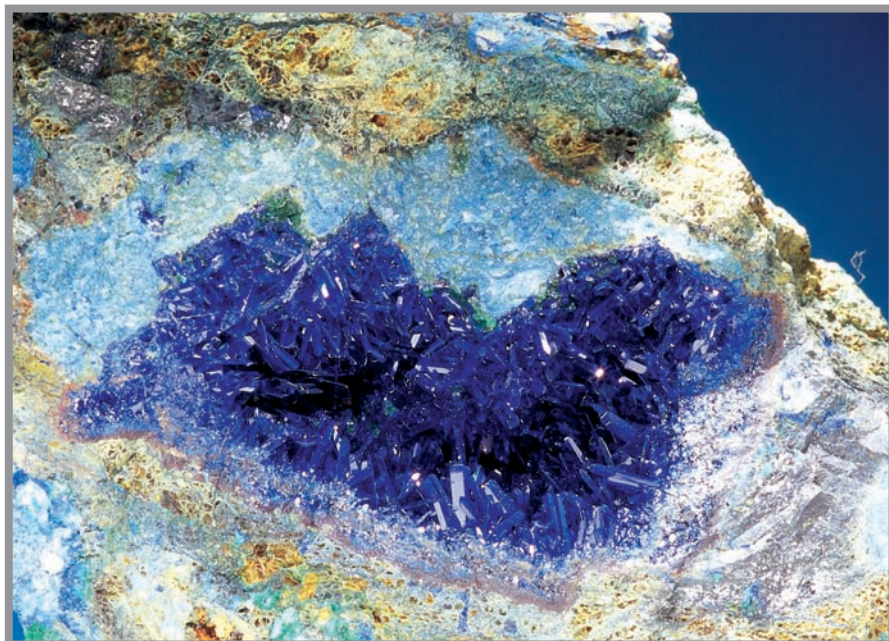
Cuprita con malaquita. Encuadre: 10 mm. Mina La Inesperada. Colección: A. Jiménez. Foto: F. Piña.



Zona de escombreras de riolita. Foto: G. García, 8/2002.



Zona de escombreras de cuarcitas y pizarras (materiales oscuros). Foto: G. García, 8/2002.



Azurita. Geoda de 24 mm en tetraedrita masiva. Colección: A. Álvarez. Foto: F. Piña.

tetraedrita arsenical, aunque con predominio de antimonio, con pequeñas cantidades de Fe y Zn. El contenido en plata en las muestras analizadas es inferior al límite de detección por EDAX ($\approx 0,5\%$). Otro aspecto que hace dudar de la presencia de freibergita en Pardos es la ausencia de plata en la extensa paragénesis de oxidación de este yacimiento. No se han detectado ni halogenuros de plata ni sustituciones significativas de plata en los minerales del supergrupo de la alunita, lo que es muy común en las zonas de alteración de los yacimientos que contienen realmente freibergita.

Se han encontrado cristales tetraédricos algo mayores (hasta 1 cm) en las escombreras de una pequeña explotación en el paraje de “La Rebollosa” (Calvo, 2003), también en el término de Pardos.

Tripuhyita

Es un mineral muy abundante en las zonas de alteración de muchos yacimientos de tetraedrita. Comúnmente, y también en Pardos, la tripuhyita forma masas compactas y agregados esqueletiformes de tonos marrones y ocre,

reemplazando por alteración la tetraedrita y mezcladas con bindheimita y partzita. En Pardos, las masas de tripuhyita más o menos puras debían ser formidables. Es posible todavía encontrar en las escombreras fragmentos de dimensiones de unos 10 cm. Ocasionalmente se han encontrado secciones de cristales de tetraedrita de más de 1 cm completamente transformados en esta especie.

AGRADECIMIENTOS

A Joachim Groebner, por sus útiles sugerencias y observaciones. Asimismo, queremos agradecer a Rafael Muñoz y Honorio Cócera, coleccionistas de Valencia, por suministrar información, documentación y muestras para este estudio.

BIBLIOGRAFIA

Almela, A., Quintero, I., Gómez Nogueroles, E., Mansilla, H., Martínez Díaz, C. y Villena, C. (1981): “Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, Hoja nº 489, Molina de Aragón, 2ª serie Plan Magna. IGME. Madrid.
Bideaux, R. A., Nichols, M. C. and Williams, S. A. (1966): “The arsenate analogue of tsumebite, a new mineral”. Am. Min. (51), 258-259.

Boletín Oficial de Minas, num. 10 (Septiembre, 1844), pag. 120. Madrid.

Bowles, G. (1775): “Introducción a la Historia Natural y a la Geografía Física de España”. Madrid.



Malaquita. Tamaño: 7 cm x 6 cm. Colección y foto: J. M. Sanchis.



Malaquita. Tamaño: 6 cm x 5 cm. Colección y foto: J. M. Sanchis.

Calderón, S. (1910): "Los Minerales de España". Junta para ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas. Madrid.

Calvo, M. (2003): "Minerales y Minas de España", Vol. II (Sulfuros y Sulfosales). Museo de Ciencias Naturales de Alava.

Fos Carbajosa, F. (1981): "Relación de yacimientos de tetraedritas en la Península Ibérica". Bol. Soc. Esp. de Mineral., 3, p. 15-18.

González, T. (1832): "Registro y Relación General de Minas de la Corona de Castilla". Vol. I. Miguel de Burgos, Madrid.

Gröbner, J. y Sainz de Baranda, B. (1999): "Die Mineralien der Kupfergrube Pardos in der Provinz Guadalajara, Spanien". Mineralien-Welt, (4), 26-31.

IGME (1981). Memoria del Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, hoja 489 (Molina de Aragón). Madrid.

Jambor, J.L. (1999): "Nomenclature of the alunite supergroup". Can. Min. (37), 1323-1341.

Muñoz, R. y Cócera, H. (2003): "Primera cita para España de Arsensumebita". Baritel, Abril 2003.

Naranjo y Garza, F. (1862): "Elementos de Mineralogía General, Industrial y Agrícola...". Madrid.

Níkel, E.H. and Gartrell, B.J. (1993): "Secondary minerals from Ashburton Downs, Western Australia"

Stieglitz, H. y Dietrich, R. (1994): "Partzit und tetraedrit aus Müschede im Sauerland", Lapis, 19-1, pags. 21-22.

Torrubia, J. (1754): "Aparato para la Historia Natural española". Madrid.



Malaquita. Ejemplar botroidal de 4 cm x 3 cm recogido en 2002 en la escombrera. Colección y foto: J. M. Sanchis.